

A ERGONOMIA E OS AGENTES QUÍMICOS: CARACTERIZAÇÃO DE RISCO GRAVE E IMINENTE¹

Ergonomics and Chemicals: Grave and Imminent Risk Characterization

Fernanda Zanotti²
Eugenio Andres Diaz Merino³
Wilson João Batista⁴

RESUMO

Com a crescente utilização de produtos químicos, em 1978 o Ministério do Trabalho passa a adotar na NR 15 – Atividades e Operações Insalubres, contendo o anexo 11 que dispõe sobre agentes químicos, caracterizados por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho. Verifica-se a inferência pela norma, referente aos limites de tolerância, que as unidades de medida são descritas em partes por milhão – ppm e também em miligramas por metro cúbico - mg/m³, referentes à concentração de agentes químicos no ambiente de trabalho. Objetiva-se a transformação das unidades de medidas e verificar se eles se equiparam, após o cálculo da determinante chamada Valor Máximo, cujo valor quando atingido caracteriza atividade que representa risco grave e iminente. Algumas substâncias tem potencial para causar danos aos sistema nervoso central, sendo assim, a possibilidade de existência de um valor diferenciado se considerado mg/m³ ou ppm, apresenta potencial para evidenciar uma interferência ergonômica?

Palavras-chave: Agentes Químicos. Ergonomia. Valor Máximo.

ABSTRACT

With the increase in the use of chemical products, the Brazilian Ministry of Labor and Employment adopted the use of the NR15 – Unhealthy Activities and Operations - which includes the appendix 11, on chemical agents, regarding tolerance limits and workplace inspections. The norm infers, when it comes to limits of tolerance, that the measuring units are described both in parts per million (ppm) and milligrams per cubic meter (mg/m³), regarding the chemical agents concentration at the workplace. This article aims to convert the unities of measure to verify if they compare, after calculation the key value entitled Maximum Value, which, if reached, describes an activity under high and imminent danger. Some substances have the potential to damage the central nervous system, so, considering

the possibility of a differential value depending on the use of mg/m³ or ppm measuring is there the potential to clarify an ergonomic interference?

Keywords: Chemical agents. Ergonomics. Maximum Value.

INTRODUÇÃO

Os agentes químicos existentes na natureza são inúmeros, e a cada ano mais substâncias e compostos são descobertos. Lida (2005) afirma que a indústria moderna, particularmente a química, usa atualmente cerca de 50000 compostos, e que cerca de 2000 novos compostos são criados a cada ano. Muitas respostas do organismo humano aos agentes químicos são desconhecidos e também observadas, caracterizando papel da ciência ergonômica, visando a adaptação do trabalho às características do ser humano, bem como aumento de sua eficiência e bem estar (DUKES apud MILITÃO & RAFAELI, 2013).

Com a utilização maciça de substâncias químicas nos processos industriais e algumas recentemente disponíveis no mercado, existem muitas dúvidas quanto à segurança na sua manipulação.

Algumas substâncias químicas são responsáveis por inúmeros acidentes de grandes proporções, como em Bhopal, na Índia. Spignesi (2005) trata que uma nuvem de gás tóxico elevou-se sobre a fábrica da Union Carbide e se alastrou por Bhopal num raio de 24 quilômetros, matando as pessoas em suas camas, deixando cadáveres nas ruas. “A inalação de gás tóxico fez com que essas pessoas perdessem o controle de suas funções corpóreas e que fossem sufocadas em seus próprios fluidos” (SPIGNESI, 2005, pg. 212). Também, há interferências de menor abrangência nos ambientes laborais, resultando em acometimentos físicos como falta de ar, fraqueza muscular, fatores relacionados à ergonomia.

Neste contexto, a ergonomia estuda vários aspectos como os

agentes ambientais, físicos, movimentos corporais, postura, ruído, iluminação, também os agentes químicos, considerando diversos fatores que influem no desempenho do sistema produtivo e procura reduzir a fadiga, estresse, erros e acidentes, proporcionando segurança, satisfação e saúde dos trabalhadores, durante o seu relacionamento com esse sistema produtivo (DUL & WEERDMEESTER, 2012) (IIDA 2005).

Existem valores atrelados aos agentes químicos, contemplados na Norma Regulamentadora – NR 15, Atividades e Operações Insalubres, anexo 11- Agentes Químicos Caracterizados por Limite de Tolerância e Inspeção nos Locais de Trabalho, do Ministério do Trabalho e Emprego chamados limites de tolerância. Esses valores são padrões brasileiros, adotados a partir da *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* – ACGIH, para algumas substâncias, compostos ou produtos, que o trabalho com essas substâncias, se respeitados os seus limites, pode evitar expor o trabalhador à uma condição nociva. A saúde do trabalhador é mantida quando as exigências do trabalho e do ambiente não ultrapassem as suas limitações energéticas e cognitivas, de modo a evitar situações de estresse, riscos de acidentes e doenças ocupacionais buscando estratégias para evitar que os trabalhadores continuem a sofrer com efeitos nocivos de substâncias tóxicas (IIDA, 2005) (FALZON, 2007).

Além dos limites de tolerância existentes na norma, há ainda outro fator considerado, denominado valor máximo, recomendado pela norma regulamentadora que, para obter seu resultado, utilize-se uma equação, sendo que o resultante não seja excedido durante a jornada de trabalho, sob pena de ser considerado risco grave e iminente. Esse valor que excede o limite de tolerância, porém não chega até o valor máximo, possibilita as empresas de efetuarem o pagamento de insalubridade e manterem seus trabalhadores expostos ao risco químico.

Mesmo existindo valores descritos no anexo 11 da NR 15, os limites de tolerância podem se apresentar em duas unidades: Partes por milhão (ppm) e miligramas por metro cúbico de ar (mg/m^3), existindo assim duas unidades para possível quantificação dos agentes químicos (MORAES, 2007).

Estando os dois valores em unidades de medidas paralelas, objetiva-se quantificar a diferença relativa entre as unidades de medida utilizadas para avaliar a concentração de uma substância química após calcular o valor máximo e transformar os valores encontrados em apenas uma unidade, utilizando como base a NR 15, anexo 11, e apontar as interferências que esta possível diferença de valores pode ocasionar no organismo do trabalhador, relacionado à ergonomia, sabendo que o valor encontrado como máximo pode caracterizar condição de risco grave e iminente.

MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, qualitativa, explicativa. Aleatoriamente foi selecionada a substância química anilina para verificação do valor máximo para seus limites de tolerância, visto que trata-se de uma substância com subsídios relativos as suas interações no organismo humano e com potencial de efeito sobre a ergonomia.

AGENTES QUÍMICOS E AS SUBSTÂNCIAS NEUROTÓXICAS

A partir do século XX, a indústria química em um momento de desenvolvimento acelerado, principalmente nos períodos pós-guerra, tem sido responsável pela ocorrência de episódios de intoxicação maciça de origem ocupacional e ambiental (MENDES, 2007).

Referente aos agentes químicos, IIDA (2005) descreve que apenas uma pequena parcela deles foi estudada quanto aos aspectos nocivos à saúde. Para estes, existem tabelas que apresentam as concentrações máximas toleradas pelo organismo humano e os respectivos tempos máximos permissíveis à exposição, sem possivelmente causar doenças.

No Brasil é possível constatar essa informação verificando a tabela existente na Norma Regulamentadora NR 15, em seu anexo 11, onde apresenta limites de tolerância definidos para alguns agentes químicos em partes por milhão e miligramas por metro cúbico, para apenas aproximadamente 200 substâncias listadas. (IIDA, 2005)

Sobre a importância dos cuidados com as substâncias neurotóxicas, cabe destacar que a ACGIH (2012), reconhece que existirá variação considerável no nível de resposta biológica a uma determinada substância química, independentemente da concentração no ar.

“Pode-se dizer que a exposição a substâncias químicas neurotóxicas é ubiqüitária nas atividades industriais e agrícolas. Estas substâncias são múltiplas, com variável potencial tóxico e ação seletiva sobre o sistema nervoso” (MENDES, 2007. p 1185).

A exposição às agressões de diferentes origens e características sofridas diariamente, é um fator agravante ao corpo humano. Sem perceber, muitas vezes o ser humano gera sobrecargas, principalmente quando assume posturas ocupacionais ou funcionais inadequadas (KNOPLICH apud BATTISTI, et. al., 2004).

Entre as principais causas do estado confusional agudo, Mendes (2007) destaca que a intoxicação por substâncias neurotóxicas que podem estar presentes no ambiente do trabalho. “Não existe tratamento específico para a doença. O trabalhador deve ser retirado da exposição ao agente

neurotóxico e instituído suporte clínico hemodinâmico e respiratório, quando ocorrer instabilidade” (2007, p.1204).

Os limites de tolerância não representam uma linha divisória entre um ambiente de trabalho saudável e não saudável, ou um ponto no qual ocorrerá um dano à saúde. Os limites de tolerância não protegerão adequadamente todos os trabalhadores. Algumas pessoas podem apresentar desconforto, ou até efeitos adversos mais sérios à saúde quando expostos a substâncias químicas em concentração iguais ou até mesmo inferiores aos limites de exposição (ACGIH, 2012).

Algumas alterações na suscetibilidade pode também ocorrer em diferentes níveis de trabalho (por ex. trabalho leve *versus* trabalho pesado) ou da atividade – situações em que haja o aumento da demanda cardiopulmonar (ACGIH, 2012. p. 4).

DISCUSSÃO E RESULTADOS

A Norma Regulamentadora NR 15, em seu anexo 11, apresenta 204 substâncias listadas no quadro 1, chamado “Tabela de Limites de Tolerância”.

Inicialmente foram quantificadas as substâncias que possuem limites de tolerância tanto para ppm como mg/m³, totalizando 188 substâncias. Posteriormente foram anotados os valores para fator de desvio utilizado nos dois casos, sendo possível verificar que das substâncias listadas, 92 utilizam o mesmo valor para fator de desvio e 96 substâncias possuem dois valores para tal, sendo que necessitam um valor diferenciado para o cálculo do valor máximo.

A Norma Regulamentadora descreve que, quando realizadas as amostragens, a concentração obtida em cada uma, não deverá ultrapassar os valores resultantes da equação de valor máximo, sob pena de ser considerada situação de risco grave e iminente. (MINISTÉRIO DO

TRABALHO E EMPREGO). A Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho (1979), em seu item 9.6.3 dispõe que se constatado essa situação pelos trabalhadores, que os mesmo possam interromper de imediato as suas atividades, comunicando o fato ao superior hierárquico direto, para as devidas providências. Moraes (2009) acrescenta que o conceito do valor máximo considera que o mesmo não é tolerável a uma exposição ao contaminante de forma indeterminada. Não se pode permitir que nenhuma exposição acima do valor máximo.

Calculando o valor máximo para a substância anilina, é possível extrair as seguintes informações:

- A substância anilina possui como limites de tolerância 4 ppm e 15 mg/m³. Para a ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*), existe apenas o limite de tolerância para Anilina é de 2 ppm.

- Os valores para o fator de desvio são diferenciados, visto que trata-se de limites de tolerância em diferentes linhas no quadro número dois, sendo 2 o fator de desvio quando 4 ppm e 1,5 quando 15 mg/m³, conforme quadro abaixo:

QUADRO N.º 2			
L.T.			F.D.
(pp, ou mg/m ³)			
0 a 1			3
1 a 10			2
10 a 100			1,5
100 a 1000			1,25
acima de 1000			1,1

Quadro 2.

Fonte: NR 15 – Atividades e Operações Insalubres.

Deve-se ter muito cuidado ao se utilizar a tabela de fator de desvio (FD), pois a mesma pode induzir a um erro grave que é comparar as grandezas, ppm com mg/m³, o que não é a mesma coisa (MORAES, 2007, p.877).

Calculando o valor máximo para ambas as informações, obtém-se os resultantes de valor máximo de 8 ppm e 22.5 mg/m³.

É necessário considerar o peso molecular para a substância anilina de 93.12 (ACGIH, 2012) nas condições normais de temperatura e pressão. Quando igualado os valores obtidos no cálculo do valor máximo, para uma unidade única, no caso ppm, é necessário apenas transformar, através do cálculo proposto por Moraes (2007) e destacado pela ACGIH (2012).

Para fazer a conversão de uma grandeza para outra, devem ser utilizada as seguintes fórmulas, sendo PM o Peso Molecular da substância em estudo:

$$1) \text{ ppm} = \frac{24,45 \times \text{mg/m}^3}{\text{PM}} \quad \text{ou}$$

$$2) \text{ mg/m}^3 = \frac{\text{ppm} \times \text{PM}}{24,45}$$

Utilizando-se da fórmula para transformar o valor de 22.5 mg/m³ em ppm. Obtém-se o seguinte valor: 5.90 ppm e mantém-se os 8 ppm, obtido através do cálculo do valor máximo.

Na tentativa de equiparar os valores para a unidade de medida mg/m³, obtém-se o seguinte valore: 30,48 mg/m³ e o mesmo 22.5 mg/m³.

CONCLUSÃO

“O problema da adaptação do trabalho ao homem nem sempre tem uma solução trivial, que possa ser resolvido na primeira tentativa” (IIDA. 2005, p. 19). Além deste ser o principal foco da ergonomia, a questão do desempenho das atividades conceituada por IIDA (2005), compromete-se quando ocorre a existência de um fator externo, como no caso os agentes

químicos.

Conforme a definição adotada pela Associação Brasileira de Ergonomia, citada por IIDA (2005, p. 2), “Entende-se por Ergonomia o estudo das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, objetivando intervenções e projetos que visem melhorar, de forma integrada e não dissociada, a segurança, o conforto, o bem-estar e a eficácia das atividades humanas”.

O trabalho com agentes químicos está relacionado ao bem-estar, visto que é possível verificar que alguns agentes são causadores de cefaleias, condição desconfortável para o bom desempenho de um processo industrial. Paumgarten (1993, p. 1) acrescenta que “todas as substâncias químicas podem causar efeitos adversos, dependendo da dose e das condições em que os indivíduos são a elas expostos”.

É possível comprovar que conforme o anexo 11 da NR 15, existem diferenças no chamado valor máximo entre as unidades de medida, quando equiparadas em apenas uma unidade, principalmente em função do fator de desvio utilizado, quando consultado o quadro número dois.

Conforme a FUNDACENTRO (2004) A adequação de limites de tolerância de agentes químicos é um processo que no Brasil inicia-se em 1943, quando foram compilados os primeiros limites em uma tabela, posteriormente chamada de Limites de Tolerância, sendo que no decorrer dos anos ocorreram aprimoramentos a partir de estudos, referentes ao potencial de cada agente para verificar a eficiência dos mesmos.

O cálculo de valor máximo proposto através do anexo 11, quando equiparadas às unidades de medida, deixa uma possibilidade de dupla interpretação quanto ao valor que pode ser considerado. De um lado as partes por milhão, e do outro os miligramas por metro cúbico, resultado em

uma diferença considerável, que por se tratar de um valor que já está acima dos limites de tolerância é consideravelmente prejudicial a saúde e interfere nas questões de segurança, saúde, bem estar e conforto no ambiente de trabalho, diretamente relacionados à ergonomia.

Com os resultados obtidos, é possível destacar que, até que se esteja na iminência de ocorrerem novas alterações no anexo 11, quando do trabalho com a variável valor máximo, ou seja, fazendo o pagamento do adicional de insalubridade, que a medição do agente químico diagnosticado na empresa, seja feita primeiramente observando se é uma substância que apresente limites de tolerância tanto em ppm, quanto em mg/m³. Se o caso for afirmativo, verificar se o fator de desvio será diferente. Existindo diferença, priorizar a medição onde com o fator de desvio mais baixo, onde, o resultante estará mais próximo ao limite de tolerância

O anexo 11, da Norma Regulamentadora, NR 15, utilizada no artigo em questão é um anexo que teve sua última alteração realizada em 1994, através da portaria nº 03 de 10 de março. Se for considerado que a ACGIH possui alterações anuais com relação aos parâmetros para agentes químicos, necessita-se de alteração na norma brasileira.

Conforme Moraes, (2007), com relação à metodologia para o cálculo de valor máximo proposto pelo anexo 11, da NR 15, no item fator de desvio é polêmica, pois não existe fundamentação científica. “No entanto, legalmente ele tem que ser utilizado para identificar condições de risco grave e iminente, caso seja encontrada qualquer concentração acima do valor máximo” (MORAES. 2007, p. 877).

A caracterização de uma atividade como risco grave e iminente considera-se, conforme à Norma Regulamentadora – NR 3 – Embargo ou Interdição, “toda condição ou situação de trabalho que possa causar

acidente ou doença relacionada ao trabalho com lesão grave à integridade física do trabalhador, sendo passíveis de quando constatado o risco, a possibilidade de interdição, paralisando as atividades parcial ou totalmente”, sendo possível no caso de constatação de atividade com substância química que apresente risco grave e iminente.

Porém, quando considerado os resultados obtidos para a Anilina, é possível verificar a existência de valores diferenciados, quando a tendência seria que, após o cálculo esses valores fossem equiparados. Quando no primeiro momento para equiparar os valores para ppm, foi obtido os valores de 8 ppm e 5,90 ppm, e no segundo momento a transformação para mg/m³ de 30,48 mg/m³ e 22.5 mg/m³. Existindo uma diferença de valores de 2.1 ppm no primeiro caso e no segundo de 7,98 mg/m³.

“A substância química anilina, atua como depressor do sistema nervoso central e, nas exposições crônicas, pode produzir lesão de córnea, cefaleia, debilidade, irritabilidade, sonolência, dispneia e perda dos sentidos” (MILITÃO & RAFAELI, 2013 pg. 5).

Existe uma evidente relação do agente químico com neuropatias. A substância em questão, por exemplo, pode ocasionar várias interferências fisiológicas até perda dos sentidos. Essa possível alteração fisiológica, como é possível verificar a fraqueza nos músculos, se relacionada aos planejamentos e avaliações, que são de competência da ergonomia, podem interferir no desempenho das atividades.

Interações entre os órgãos e os sentidos são aceitáveis enquanto cada um deles permanecer dentro das faixas normais de operação. O desempenho começa a deteriorar-se quando qualquer variável presente no ambiente ultrapassar uma intensidade considerada como limite de tolerância. Acima desse limite, passam a afetar a percepção dos sinais (IIDA. 2005, p. 94).

lida (2005) afirma ainda que, quem controla os movimentos

musculares, são os sinais que chegam ao sistema nervoso, representados por impulsos elétricos. Os sinais reproduzidos pelo próprio corpo ou por algum estímulo exterior, como luz, tato, temperatura, acelerações, agentes químicos, são conduzidos até o sistema nervoso central onde é interpretado, gerando uma decisão. “Esta é enviada de volta, pelos nervos motores que se conectam aos músculos, e provocam movimentos musculares” (IIDA 2005, p. 68). Se alguma substância química atinge o sistema nervoso central é possível que a força e eficiência muscular estejam comprometidas.

REFERÊNCIAS

ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), 2012. **Limites de Exposição Ocupacional (TLVs) e Índices Biológicos de Exposição (BEIs) para 2012**. São Paulo: Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais.

BATTISTI, H.; et al. Atividade Física e Qualidade de Vida de Operadores de Caixa de Supermercado. **R. bras. Ci e Mov.** 2005: 13(1): 71:78.

DUL, Jan; WEERDMEEESTER. Bernard. **Ergonomics for Beginners**. 3ª ed. São Paulo: Blucher, 2012.

FALZON, Pierre. **Ergonomia**. 2ª ed. São Paulo. Blucher. 2012.

Introdução à Higiene Ocupacional. São Paulo. FUNDACENTRO, 2004.

MENDES, René. **Patologia do Trabalho**. 1ª ed. São Paulo: Atheneu, 2007.

MENDES, René. **Patologia do Trabalho**. 2ª ed. São Paulo: Atheneu, 2007.

MILITÃO, A. G.; RAFAELI, E. A. **Neuropatias por Intoxicação Ocupacional**. Disponível em <[http://www. eps. ufsc. br/ergon/revista/artigos/Angeliete.pdf](http://www.eps.ufsc.br/ergon/revista/artigos/Angeliete.pdf).> Acesso em abril de 2013.

MINISTÉRIO DO TRABALHO: Portaria 3.214 de 08/06/1978 - NR- 3 Embargo ou Interdição. MTb, Brasília, 1978.

MINISTÉRIO DO TRABALHO: Portaria 9 de 09/10/1992 - NR- 15, anexo 11. **Agentes Químicos Cujas Insalubridade é Caracterizada por Limites de Tolerância e Inspeção no local de Trabalho**. Brasília, 1992.

MORAES. Giovanni. **Normas Regulamentadoras Comentadas e Ilustradas**. Legislação de Segurança e Saúde no Trabalho. 7ª ed. Rio de Janeiro: Moraes, 2009.

PAUMGARTTEN, Francisco J. R.. Risk assessment for chemical substances: the link between toxicology and public health. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro , v. 9, n. 4, Dec. 1993 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X1993000400004&lng=en&nrm=iso>. Access on 20 Oct. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X1993000400004>.

SPIGNESI. Stephen J. **As 100 Maiores Catástrofes da História**. Rio de Janeiro: Difel, 2005.

SZABÓ JUNIOR. Adalberto Mohai. **Manual de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho**. 4ª ed. São Paulo: Ridel, 2012.